



JFw

PATENT
81872.0053

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Yasuhiko SHIMOTSUMA et al.

Serial No: 10/658,107

Filed: September 9, 2003

For: Optical Structural Body, Its
Manufacturing Method and Optical
Element

Art Unit: 2883

Examiner: Healy, Brian

Conf. No.: 9948

I hereby certify that this correspondence
is being deposited with the United States
Postal Service with sufficient postage as
first class mail in an envelope addressed
to:

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450, on
August 17, 2007

Date of Deposit

Rebecca Golden

Name

Rebecca Golden August 17, 2007

Signature

Date

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of Japanese patent application No. 2002-263205 which was filed September 9, 2002 and Japanese patent application No. 2003-085658 which was filed March 26, 2003, from which priority is claimed under 35 U.S.C. § 119 and Rule 55.

Acknowledgment of the priority document(s) is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

HOGAN & HARTSON L.L.P.

By:

Lawrence J. McClure
Lawrence J. McClure
Registration No. 44,228
Attorney for Applicant(s)

1999 Avenue of the Stars, Suite 1400
Los Angeles, California 90067
Telephone: 310-785-4600
Facsimile: 310-785-4601

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
th this Office.

出願年月日 2003年 3月26日
Date of Application:

出願番号 特願2003-085658
Application Number:

リ条約による外国への出願
用いる優先権の主張の基礎
る出願の国コードと出願
リ
country code and number
our priority application.
used for filing abroad
r the Paris Convention, is

出願人 京セラ株式会社
licant(s): 平尾 一之

J P 2003-085658

2007年 7月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中嶋誠



出証番号 出証特2007-3049665



【書類名】 特許願
【整理番号】 106702
【提出日】 平成15年 3月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 6/13
【発明者】
【住所又は居所】 鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社 総合
研究所内
【氏名】 下間 靖彦
【発明者】
【住所又は居所】 京都府京都市左京区田中下柳町8番地の94
【氏名】 平尾 一之
【発明者】
【住所又は居所】 奈良県奈良市左京3-8-5 グリーンプラザA-20
2号室
【氏名】 邱 建榮
【特許出願人】
【識別番号】 000006633
【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
【氏名又は名称】 京セラ株式会社
【特許出願人】
【識別番号】 500079388
【住所又は居所】 京都府京都市左京区田中下柳町8番地の94
【氏名又は名称】 平尾 一之
【代理人】
【識別番号】 100087701
【弁理士】
【氏名又は名称】 稲岡 耕作

【選任した代理人】

【識別番号】 100101328

【弁理士】

【氏名又は名称】 川崎 実夫

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-263205

【出願日】 平成14年 9月 9日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011028

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学用構造体及びその製造方法並びに光学素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガラス基材に、光誘起屈折率変化を起こすエネルギー量を有するパルスレーザー光を照射することにより、その集光位置に、 $1 \mu\text{m}$ 以下のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じた周期構造を有する領域が形成されてなることを特徴とする光学用構造体。

【請求項 2】

前記周期構造における、屈折率の高い領域のつながった面又は屈折率の低い領域のつながった面である主面は、照射されたパルスレーザー光の偏光磁場方向と平行に形成されることを特徴とする請求項 1 記載の光学用構造体。

【請求項 3】

前記周期構造のピッチは、照射されたパルスレーザー光の波長、照射パルス数又はパルスエネルギーに依存して形成されることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の光学用構造体。

【請求項 4】

前記周期構造を有する領域が球状であることを特徴とする請求項 1 記載の光学用構造体。

【請求項 5】

前記周期構造を有する領域が断面円形の帯状、又は円柱状であることを特徴とする請求項 1 記載の光学用構造体。

【請求項 6】

前記周期構造を有する領域が一定間隔で複数、繰り返し並設されていることを特徴とする請求項 1 から 5 までのいずれかに記載の光学用構造体。

【請求項 7】

前記周期構造を有する領域を、本来複屈折現象を示さない等方性材料に形成したことを特徴とする請求項 1 から 6 までのいずれかに記載の光学用構造体。

【請求項 8】

ガラス基材に、光誘起屈折率変化を起こすエネルギー量を有するパルスレーザー光を照射し、その集光位置に、 $1 \mu\text{m}$ 以下のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じた周期構造を有する領域を形成することを特徴とする光学用構造体の製造方法。

【請求項 9】

ガラス基材にパルスレーザー光を集光し、パルスレーザー光とその集光位置内部に発生するプラズマとの干渉を利用して、 $1 \mu\text{m}$ 以下のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じた周期構造を有する領域を形成することを特徴とする光学用構造体の製造方法。

【請求項 10】

ガラス基材に集光されるパルスレーザー光のパワー密度が $10^8 \text{W}/\text{cm}^2$ 以上であることを特徴とする請求項 8 又は請求項 9 記載の光学用構造体の製造方法。

【請求項 11】

ガラス基材に集光されるパルスレーザー光のパルスエネルギーが $0.1 \mu\text{J}/\text{pulse}$ から $10 \mu\text{J}/\text{pulse}$ であることを特徴とする請求項 8 又は請求項 9 記載の光学用構造体の製造方法。

【請求項 12】 請求項 1 から請求項 8 までのいずれかに記載の光学用構造体を、偏光子、回折格子、リフレクター又はフィルターとして利用していることを特徴とする光学素子。

【請求項 13】 請求項 1 から請求項 8 までのいずれかに記載の光学用構造体の前記周期構造を有する領域に対して、波長多重された光を入射することにより、前記周期構造に依存した特定波長の反射率を増加させていることを特徴とする光学素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信等の分野に使用される偏光子、回折格子、リフレクター、フィルター等に適用可能な構造を備えた光学用構造体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、光アイソレーター等に使用される偏光子や、光学系のレンズとして使用される回折格子、分光器等に使用されるリフレクターやフィルターには、種々のものが提案されてきた。

【0003】

【特許文献1】特開2000-193823号

【特許文献2】特開2001-66428号

【特許文献3】特開2001-4817号

【特許文献4】特開平10-282337号

【特許文献5】特開平11-352327号

【特許文献6】特開平11-167024号

【特許文献7】特開2001-83321号

【特許文献8】特開2002-311242号

【特許文献9】特開2003-57442号

【特許文献10】特開2003-66232号

【特許文献11】特開平9-311237号

【非特許文献1】T. Kondo, S. Matsuo, S. Juodkazis, and H. Misawa, Appl. Phys. Lett., 79, 725 (2001)

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、従来の素子では、いずれも光回路の集積化の点で好適なサブミクロンオーダーの微細周期構造を形成するために、真空蒸着やスパッタリング、リソグラフィー等を用いる場合、製造工程が複雑になり、装置構成が大がかりになり、その結果、光学素子のコストアップをもたらしてしまうという問題があつた。

【0005】

そこで本発明は、製造が簡便かつ迅速に行え、しかもサブミクロンオーダーの微細周期構造が簡単に実現でき、さらにその微細周期構造の方向、幅又はピッチを任意に制御でき、三次元的な周期構造を得ることが可能な、優れた光学用構造

体及びその製造方法並びに光学素子を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

パルス幅がフェムト秒オーダー（10-12～10-15秒）のパルスレーザー光を、特定の偏光モードでガラス内部に集光照射することにより、集光位置のみに屈折率が変化する領域を形成することができる。このフェムト秒のパルスレーザー光の照射によって屈折率が変化する現象は、光誘起屈折率変化と呼ばれており、光導波路の作製の例が知られている（前記特許文献11等参照）。

【0007】

本発明者は、前記光誘起屈折率変化を起こす領域に、1μm以下のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じる周期構造が形成されることを発見した。

この周期構造において、屈折率の高い領域又は屈折率の低い領域のつながった面を「主面」と定義する。なお、屈折率の高い領域と屈折率の低い領域とは、隣接して交互に形成されるのであるから、屈折率の高い領域のつながった面を「主面」と定義しても、屈折率の低い領域のつながった面を「主面」と定義しても実質同じことである。しかし、以下、定義を明確にするために、屈折率の高い領域のつながった面を「主面」ということにする。

【0008】

前記主面は、照射されたパルスレーザー光の偏光磁場方向に平行に形成される。パルスレーザー光は電磁波であるから、電場と磁場とが直交関係を保ちながら、それぞれ所定の振動数で変化しながら伝搬するという性質がある。このパルスレーザー光の磁場の方向を本明細書では「偏光磁場方向」という。

前記周期構造は、照射されたパルスレーザー光と集光位置内部で発生するプラズマとの干渉によって形成される。したがって、照射するパルスレーザー光線は1本のみでよい。

【0009】

これまで、前記非特許文献1等で報告されているように、照射するパルスレーザー光を少なくとも2本以上使用し、それらのパルスレーザー光の干渉によって

周期構造を形成する例がある。本発明では、使用するパルスレーザー光線は1本のみであるため、装置構成などが極めて簡便にことができる。

なお、ビームスプリッターなどでパルスレーザー光を少なくとも2本以上に分割し、ガラス基材の別々の部位に同時照射してもよく、これにより各々のパルスレーザー光の集光位置内部に、 $1 \mu m$ 以下のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じる周期構造を形成することができる。

【0010】

前記周期構造のピッチは、照射されたパルスレーザー光の波長、照射パルス数又はパルスエネルギーに依存する。

前記周期構造は、照射されるパルスレーザー光と集光位置内部で発生するプラズマとの干渉によって形成されることから、照射されるパルスレーザー光の波数ベクトルを k_w 、発生するプラズマの波数ベクトルを k_p 、形成される周期構造の屈折率の高い領域と低い領域との繰り返しの変調ベクトルを k_d と置くと、運動量保存則から、次式(1)の関係が成り立つ。

【0011】

$$k_d = k_p - k_w \quad (1)$$

ここで、照射されるパルスレーザー光の波長を λ とおくと、 $k_w = 2\pi/\lambda$ 、また周期構造のピッチを Λ とおくと、 $k_d = 2\pi/\Lambda$ の関係が成り立つ。

したがって、(1)式から、照射されるパルスレーザー光の波長 λ を小さくすると、 k_w が大きく、また k_d が小さくなり、その結果、周期構造のピッチ Λ は大きくなる。

【0012】

プラズマの縦光学的モードにおける周波数 ω_p は、 n_e ：発生プラズマの電子密度、 e ：発生プラズマの電子の電荷、 ϵ_0 ：真空誘電率、 m_e ：発生プラズマの電子質量、 κ_B ：ボルツマン定数、 T_e ：発生プラズマの電子温度とすると、次式(2)の関係が成り立つ。

【0013】

【数1】

$$\omega_p^2 = \frac{n_e e^2}{\epsilon_0 m_e} + \frac{3 \kappa_B T_e}{m_e} k_p^2 \quad (2)$$

【0014】

照射されるパルスレーザー光の照射パルス数及びパルスエネルギーを大きくすると、発生プラズマの電子密度 n_e 及び発生プラズマの電子温度 T_e がそれらに比例して大きくなり、 k_p は小さくなる。その結果、周期構造の変調ベクトル k_d が小さくなり、周期構造のピッチ Δ は大きくなる。

前記パルスレーザー光のパワー密度は、ガラス基材の種類によっても異なるが、集光位置内部に $1 \mu m$ 以下の幅で屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じた周期構造を形成するためには、 $10^8 W/cm^2$ 以上が好ましい。

【0015】

ここで、パワー密度は、パルスレーザー光の、「出力エネルギーのピーク値 (J) / パルス幅 (秒)」で表される出力パワー (W) を、照射単位面積あたりで割って表した値である。パワー密度が $10^8 W/cm^2$ に満たないと、集光位置内部に有効な周期構造が形成されない。パルスエネルギーが高いほど屈折率の高い領域と低い領域の繰り返しが鮮明 (屈折率差が大) になる。しかし、過大に大きなパルスエネルギー量のレーザー光を照射すると、熱的な効果により、集光位置には空洞欠陥が形成される。

【0016】

このため、ガラス組成によっても異なるが、パルスレーザー光のパワー密度が、集光位置内部に $1 \mu m$ 以下の周期構造が形成される閾値と、空洞欠陥が形成される閾値との間になるように、繰り返し周波数によって調整するとよい。具体的には、生産性も考慮すると、パルスレーザー光の繰り返し周波数は $10 kHz$ 以上、好ましくは $100 kHz$ 以上、 $100 MHz$ 以下に設定する。

なお、高い繰り返し周波数のパルスレーザーであっても、光誘起屈折率変化を起こすパワー密度を得ることができれば、集光位置内部に $1 \mu m$ 以下の周期構造

を形成できる。逆に、10 kHz以下の低い繰り返し周波数のパルスレーザーであっても、NDフィルターなどを使用して、空洞欠陥が形成されるパワー密度の閾値以下に、パワー密度を調整することによって、集光位置内部に1 μm以下の周期構造を形成できる。

【0017】

パルスレーザー光のエネルギーを、集光位置内部に1 μm以下の周期構造が形成される閾値と、空洞欠陥が形成される閾値との間に調整し、さらに周期のピッチが均等でかつ主面の幅が同一でかつ方向が同一方向に規則正しく並んだ、周期性が良好な周期構造を形成するためには、ガラス基材の種類によっても異なるが、照射するパルスレーザー光の1パルスあたりのエネルギーを0.1 μJ/pulse～10 μJ/pulseの間に調整することが望ましい。

【0018】

パルスレーザー光は、レンズ等の集光装置により集光される。前記周期構造を有する領域の形状は、基本的には球状である。前記光誘起屈折率変化が起きるパルスエネルギーを有するパルスレーザー光は、ガラス基材を伝播中に3次の非線形光学効果である空間的カー効果を受けて、パルスレーザー光の集光位置の形状は、球状に集光される。

このときの集光位置をガラス基材に対して一定方向に連続的に相対移動させることにより、前記周期構造を有する領域が断面円形の帯状、又は円柱状に延びた光学用構造体を作製することができる。

【0019】

また、この集光位置をガラス基材に対して所定間隔でかつ一定方向に断続的に相対移動させることにより、前記周期構造を有する球状の領域が複数、繰り返し並設された、二重周期構造を持つ光学素子を作製することができる。

また前期集光位置を、ガラス基材に対して所定間隔でかつ一定方向に連続的に相対移動させることにより、断面円形の帯状、又は円柱状の周期構造が複数、繰り返し並設された、二重周期構造を持つ光学素子を作製することができる。

【0020】

これらの二重周期構造を、ガラス基材内に3次元的に形成すれば、多波長の光

信号に対して、回折効果、偏光効果、複屈折効果を同時に得ることができる。

複屈折効果は、一般にガラス材料では、構造が等方的であるため、発現しない。ところが前記 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じる周期構造が形成されることにより、複屈折効果が発現しないガラス材料に対して、この複屈折効果を付与することができる。

【0021】

前記 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じる周期構造が複数、繰り返し並設された二重周期構造を持つ光学素子に、波長多重された光を入射すると、二重周期構造に依存して、特定波長の反射率を増加させることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について、図面に基づき詳細に説明する。

図1に本発明に係る光学用構造体の製造装置の模式図を示す。

光学用構造体の製造装置は、励起光を発生する励起光発生部3、励起光に基づきパルスレーザー光を発生するパルス光発生部4、パルスレーザー光を增幅する光增幅部5を備えている。

【0023】

励起光発生部3は、Ar等の気体レーザーやGaAs等の半導体レーザーで構成される。

パルス発生部4は、Ti:Al₂O₃(チタンをドープしたサファイア結晶)レーザーで構成される。Ti:Al₂O₃レーザーは、そのモードロック機構により、パルス幅がフェムト秒オーダー(10^{-12} から 10^{-15} 秒)のパルス光を発振する。パルス光の波長は可変(300nm～2000nm)であるが、パルスレーザー光がガラス材料1を透過できるように、例えば800nmに設定している。

【0024】

光増幅部5は、QスイッチNd:YAGレーザー等の結晶固体レーザーで構成される。

光増幅部5から出力されるパルスレーザー光は、ミラー9で反射され、直線偏

光板8によって直線偏光が取り出され、レンズ等の集光部材6により、ガラス材料1の表面又は内部に集光される。前記ガラス材料1は、XYZ方向に走査可能な電動ステージ7上に設置されている。

【0025】

直線偏光板8の役割を説明すると、光增幅部5から出力されるパルスレーザー光の偏光は、一般に直線偏光であるが、直線偏光板8を光路上に挿入することによって、偏光を揃えたり、その偏光角度を自由に変えたりすることが可能になる。

パルスレーザー光が照射されるガラス材料1には、酸化物ガラス、ハロゲン化物ガラス、カルコゲナイトガラス等のガラス材料、その他、サファイア、水晶等の結晶材料が使用される。酸化物ガラスには、例えばケイ酸塩系、硼酸塩系、磷酸塩系、弗磷酸塩系、ビスマス系等があり、ハロゲン化物ガラスにはBeF₂系、ZrF₄系、InF₃系、Cd-Zn-CI系等があり、硫化物ガラスにはGa-La-S系等があり、カルコゲナイトガラスにはS-Ag系等がある。

【0026】

ガラス材料1の表面又は内部の集光位置に対して、10⁸W/cm²以上のパワー密度を有するパルスレーザー光が集められることになるため、集光位置内部に光誘起屈折率変化の現象が起きる。その結果、ほぼ球状の屈折率変化領域が形成される。屈折率変化領域の大きさは、集光部材6の性能やパルスレーザー光の波長、パルスエネルギーによって決まる。

さらに、屈折率変化領域の内部で、1μm以下（サブミクロン）のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し存在する周期構造が形成される。

【0027】

図2(a)～(c)は、屈折率変化領域内に形成される周期構造を示す断面図である。

屈折率変化領域S内には、屈折率が高い領域17と屈折率が低い領域18とが周期的に交互に形成される。その周期のピッチをP、屈折率が高い領域17の幅をLで表す。ピッチPや幅Lは、照射するパルスレーザー光の偏光方向、波長、照射パルス数、パルスエネルギー等に依存するため、これらを変数として設定す

ることにより、任意の波長領域の光信号に適した周期構造を作製することができる。

【0028】

図2 (a) は、磁場方向が水平偏光のパルスレーザー光を紙面に垂直に照射して形成した周期構造の状態を示す。球状の屈折率変化領域S（その直径をDで示す）内に形成される周期構造のうち、屈折率が高い領域17をつないだ面（主面という）は、磁場の偏光方向に平行に、輪切り状態で形成される。

図2 (b) は、パルスレーザー光を紙面右から水平に照射した場合の、周期構造の形成状態を示す。磁場の偏光方向は、紙面に垂直である。

【0029】

図2 (c) は、パルスレーザー光を紙面下方から上方に照射した場合の、周期構造の形成状態を示す。

主面の形成方向と、パルスレーザー光の偏光との関係を図3に示す。図3 (a) には、磁場方向が水平偏光のパルスレーザー光を紙面に垂直に照射して形成した周期構造の状態が示され、図3 (b) には、磁場方向が垂直偏光のパルスレーザー光を紙面に垂直に照射して形成した周期構造の状態が示されている。このように、屈折率が高い領域17で構成される主面の方向は、偏光磁場の方向と同一方向となる。

【0030】

図1に戻り、ガラス材料を、X、Y、Z方向に所定距離ずつ、断続的に移動させることによって、ガラス材料1の表面又はガラス材料1内に、前記周期構造を有する屈折率変化領域を複数個、離散的に繰り返し設定することができる。

また、ガラス材料1をX、Y又はZ方向から選ばれるいずれか一方向に連続的に移動させ、移動が終わると、他の方向に所定距離ずつ断続的に移動させて、再度前記一方向の連続的移動を繰り返せば、ガラス材料1上又はガラス材料1内に、円柱状の屈折率変化領域を複数個繰り返し設定することができる。

【0031】

さらに、いずれか任意の方向に曲線状に連続的に移動させ、移動が終わると、他の方向に所定距離ずつ断続的に移動させて、再度前記曲線状の移動を繰り返せ

ば、ガラス材料1の表面又はガラス材料1内に、断面円形の曲線帯状の屈折率変化領域を複数個繰り返し設定することができる。

かくして、本発明の実施形態によれば、球状、円柱状などの屈折率変化領域内に、サブミクロンオーダーで屈折率が変化する周期構造を形成することができる。この周期構造は、照射するパルスレーザー光の偏光磁場方向を設定することによって、任意の方向に設定することが可能である。

【0032】

この屈折率変化領域を、所定間隔でかつ一定方向に複数個並設することによって、屈折率が二重周期的に変化する光学用構造体をガラス基板内の任意の場所に作製することができる。

この二重周期を有する光学用構造体に対して、図4に示すように、任意の波長、任意の偏光の光信号を入射すると、波長ごとに所定の方向に回折させると同時に、一定の偏光を取り出す回折格子・偏光子としての効果が期待できる。さらに、このようにして構成した偏光子を2個用いてファラデー回転子を挟んで光アイソレーターとして機能させることも可能である。

【0033】

図5（a）～（c）は、照射するパルスレーザー光の偏光方向、波長、照射パルス数、パルスエネルギー等を設定することによって、前記周期構造の主面の方向又はその周期のピッチPを変えて作製した屈折率変化領域Sの構造を示す断面図である。

図5（a）の屈折率変化領域Sは、主面の方向が水平に形成されている。これに対して、波長多重された光信号を垂直に入射している。図5（b）の屈折率変化領域Sは、周期のピッチPは図5（a）と同一であるが、主面の方向が垂直に形成されている。この主面に対して、波長多重された光信号を平行に入射している。図5（c）は、主面に対して、波長多重された光信号を垂直に入射することは、図5（a）と同一であるが、周期のピッチPが異なる場合を示す。

【0034】

これらの、波長多重された光信号の入射角度の相違、又はピッチPの相違によって、主面に対する入射角度及びピッチPに依存して、特定の波長の反射率を増

加させる効果が期待できる。具体的には、図5（a）から反射される反射光A、図5（b）から反射される反射光B、図5（c）から反射される反射光Cは、それぞれ異なる波長の光である。

前記周期構造の正面の方向・ピッチPを設定するとともに、図6に示すように3次元的に積層させた構造にすることによって、本発明の光学用構造体を、波長多重された光信号から、特定の波長のみを高効率に反射させるリフレクター・フィルターとして機能させることも可能である。

【0035】

なお、上述した実施形態はごく一例にすぎず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で適宜変更実施が可能である。

【0036】

【実施例】

<実施例1>

10mm×10mm×5mmの石英ガラス基板10に屈折率変化領域を複数個、繰り返し設定した。図7（a）に示すように、パルスレーザー光11をレンズ12で集光し、石英ガラス基板10に対して、パルスレーザー光11の集光位置13が、石英ガラス基板10の内部に位置するように照射した。パルスレーザー光としては、アルゴンレーザー励起のTi:Al₂O₃レーザーから発振されたパルス幅150フェムト秒、繰り返し周波数200kHz、波長800nm、平均出力600mW、水平偏光磁場のレーザーを使用した。照射時間は、1集光位置あたり4秒である。

【0037】

集光位置13内には、1μm以下のピッチで屈折率が高い領域と低い領域とが交互に繰り返し生じる縞状の周期構造が形成された。

このようにして形成された周期構造を構成する屈折率変化領域の直径は約2μm、周期構造のピッチPは200nm、屈折率が高い領域17の幅Lは約30nm、屈折率が低い領域18の幅は約170nmであった。

領域17は、酸素欠陥が生じており、SiO_{2-x}（0 < x < 2）の組成に変化するため、周囲の屈折率（周期構造を除くガラス基板の屈折率）に対して、屈折

率が高くなると考えられる。また領域18は、領域17から酸素が移動し、構造中に取り込まれ、 SiO_{2+x} の組成に変化するため、周囲の屈折率（周期構造を除くガラス基板の屈折率）に対して、屈折率が同程度もしくは低くなると考えられる。

【0038】

前記屈折率変化領域の大きさDは、照射するパルスレーザー光のパルスエネルギー、集光する際のレンズの倍率によって、約1～約100 μm の範囲で可変であり、領域17及び領域18の幅は、照射するパルスレーザー光の波長、照射パルス数、パルスエネルギー及びガラス基板の屈折率によって、領域17の幅Lは約10～50 nm、領域18は約50～190 nmの範囲で可変である。

前期集光位置13を石英ガラス基板10内に対して所定間隔でX、Y、Z方向に断続的に相対移動させると（照射時間は、1集光位置あたり4秒）、図7（b）に示すように、球状の屈折率変化領域14が繰り返し、設定される。この屈折率変化領域14が繰り返し設定された石英ガラス基板10の平面図を図7（c）に示す。

【0039】

パルスレーザー光11を、X、Y方向に、断続的に相対移動させ、かつZ方向に連続的に相対移動（Z方向の相対移動速度は100 $\mu\text{m/sec}$ ）させると、図7（d）に示すように円柱状の屈折率変化領域15が繰り返し、設定される。この円柱状の屈折率変化領域15が繰り返し設定された石英ガラス基板10の平面図を図7（e）に示す。

さらに、パルスレーザー光11をXから60°（Yから30°）方向に、断続的に相対移動させ、かつZ方向に連続的に前記速度で相対移動させると、図7（f）に示すような、円柱状の屈折率変化領域15が三角格子状に設定された石英ガラス基材10を作製することができる。

【0040】

パルスレーザー光11を、X方向に、断続的に相対移動させ、かつY方向に連続的に相対移動（Y方向の相対移動速度は100 $\mu\text{m/sec}$ ）させると、図7（g）に示すように断面円形の帯状の屈折率変化領域16が繰り返し、設定され

る。この円柱状の屈折率変化領域16が繰り返し設定された石英ガラス基板10の平面図を図7(h)に示す。

＜実施例2＞

前記実施例1と同じく、10mm×10mm×5mmの石英ガラス基板10の内部に、パルスレーザー光11の集光位置が位置するように照射した。パルスレーザー光の照射条件は前記実施例1と同じである。

【0041】

ただし、図1に示した直線偏光板8によって、照射するパルスレーザー光の偏光方向（磁場）を水平偏光もしくは垂直偏光に変えて照射した。

集光位置13には、図3に示したように、屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じた縞状の周期構造がパルスレーザー光の偏光方向（磁場）に依存した方向に形成された。すなわち、水平偏光の場合は横方向(a)、垂直偏光の場合には縦方向(b)に縞状の周期構造が形成された。

【0042】

実施例1と同じように、集光位置をガラス基材に対して所定間隔でかつ一定方向に断続的又は連続的に相対移動させ、球状、円柱状もしくは断面円形の帯状の屈折率変化領域を繰り返し形成した。

【0043】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光学用構造体によれば、集光位置内に1μm以下の幅で屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じる周期構造を形成することができる。この構造体をガラス基材内部の任意の位置に作製することができ、この光学用構造体に対して、所定の波長領域の光信号を入射すると、偏光効果や干渉・回折効果が得られる。

【0044】

さらに、本発明の光学用構造体によれば、本来複屈折現象を示さないガラス基材等の等方性材料に形成し、複屈折現象を生じさせることができ、光アイソレーター等の偏光子として機能させることができる。

さらに、本発明の光学用構造体によれば、この二重周期を有する光学用構造体

に対して、波長多重された光を入射することにより、前記周期構造に依存した特定波長の反射率を増加させることができ、特定波長の光のみを反射するリフレクターやフィルターとして機能する。

【0045】

本発明の光学用構造体の製造方法によれば、ガラス基材に集光されるパルスレーザー光と、その集光位置内部に発生するプラズマとの干渉を利用することにより、1本のパルスレーザー光を照射するだけで、複雑な工程を経ることなく、しかも簡単に、 $1 \mu m$ 以下のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じた周期構造を有する領域が形成された光学用構造体を製造することができる。

前記光学用構造体は、光通信に使用される光信号の偏光方向の制御素子、回折効果を奏する光学素子もしくは特定波長の光信号を反射するリフレクター・フィルター等の光学素子として応用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の光学用構造体の製造装置を示す模式図である。

【図2】

屈折率変化領域内に形成される周期構造を示す断面図である。（a）は光照射方向の正面図、（b）は側面図、（c）は平面図である。

【図3】

偏光磁場方向が水平（a）もしくは垂直（b）のパルスレーザー光を照射視した場合の、屈折率変化領域内に形成された周期構造を示す断面図である。

【図4】

二重周期を有する光学用構造体を回折格子・偏光子として用いた例を示す斜視図である。

【図5】

屈折率変化領域内に形成された周期構造を示す断面図である。（a）は屈折率変化領域内に形成された周期構造の正面に対して垂直に、波長多重された光信号を照射した場合を示しており、（b）は屈折率変化領域内に形成された周期構造の正面に対して、平行に波長多重された光信号を照射した場合を示しており、（

c) は屈折率変化領域内に形成された周期構造の正面に対して、垂直に波長多重された光信号を照射するが、周期構造のピッチPを大きくした場合を示している。

【図6】

二重周期を有する光学用構造体をリフレクター・フィルターとして用いた例を示す斜視図である。

【図7】

(a) は、石英ガラス基板にパルスレーザー光を照射した状態を示す斜視図である。 (b) は、ガラス基材に対して所定間隔でかつ三方向に断続的に相対移動させることによって、球状の屈折率変化領域を三次元格子状に複数並設した光学用構造体を示す斜視図、 (c) はその平面図、 (d) は円柱状の屈折率変化領域を二次元に複数並設した光学用構造体を示す斜視図、 (e) はその平面図、 (f) は屈折率変化領域を三角格子状に複数並設した光学用構造体を示す平面図、 (g) は断面円形帶（円柱）状の屈折率変化領域を二次元に複数並設した光学用構造体を示す斜視図、 (h) はその平面図である。

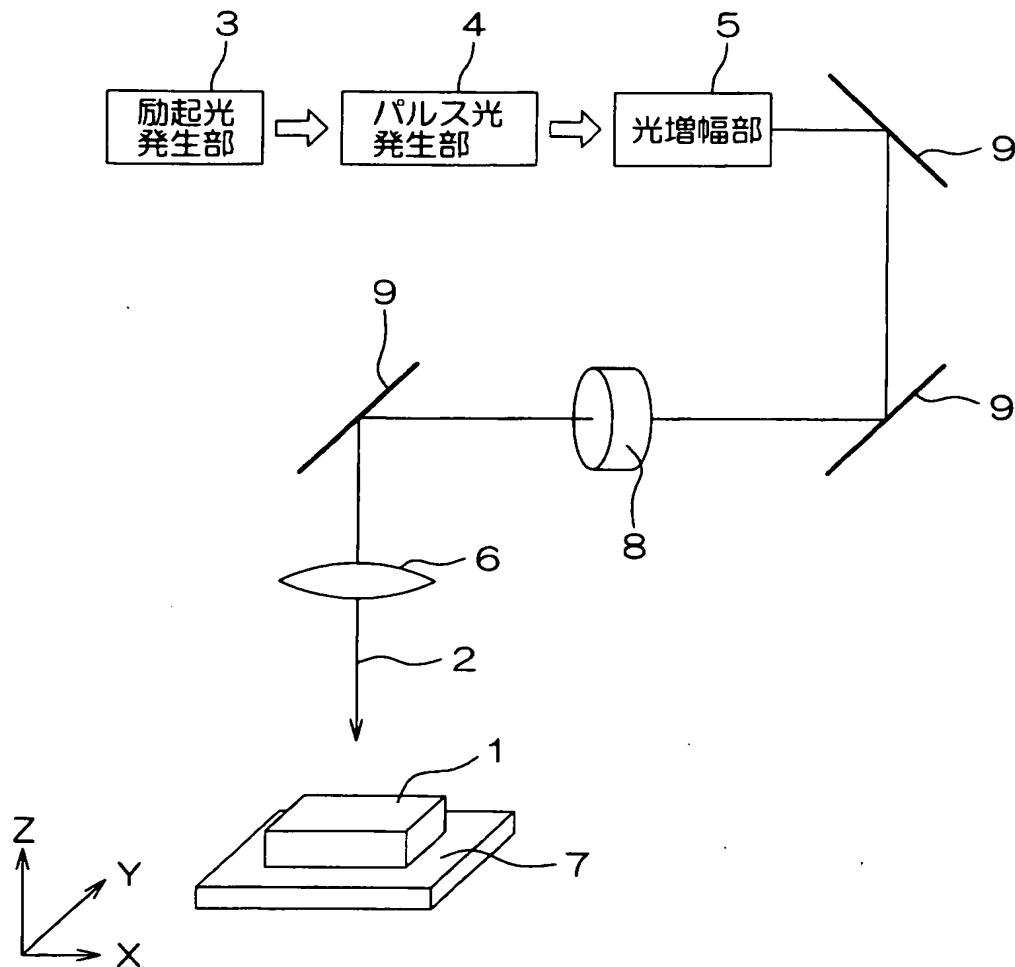
【符号の説明】

- 1 ガラス材料
- 2 パルスレーザー光
- 3 励起光発生部
- 4 パルス光発生部
- 5 光增幅部
- 6 レンズ等の集光装置
- 7 X Y Z 方向に走査可能な電動ステージ
- 8 直線偏光板
- 9 ミラー
- 10 石英ガラス基板
- 11 パルスレーザー光
- 12 集光レンズ
- 13 集光位置

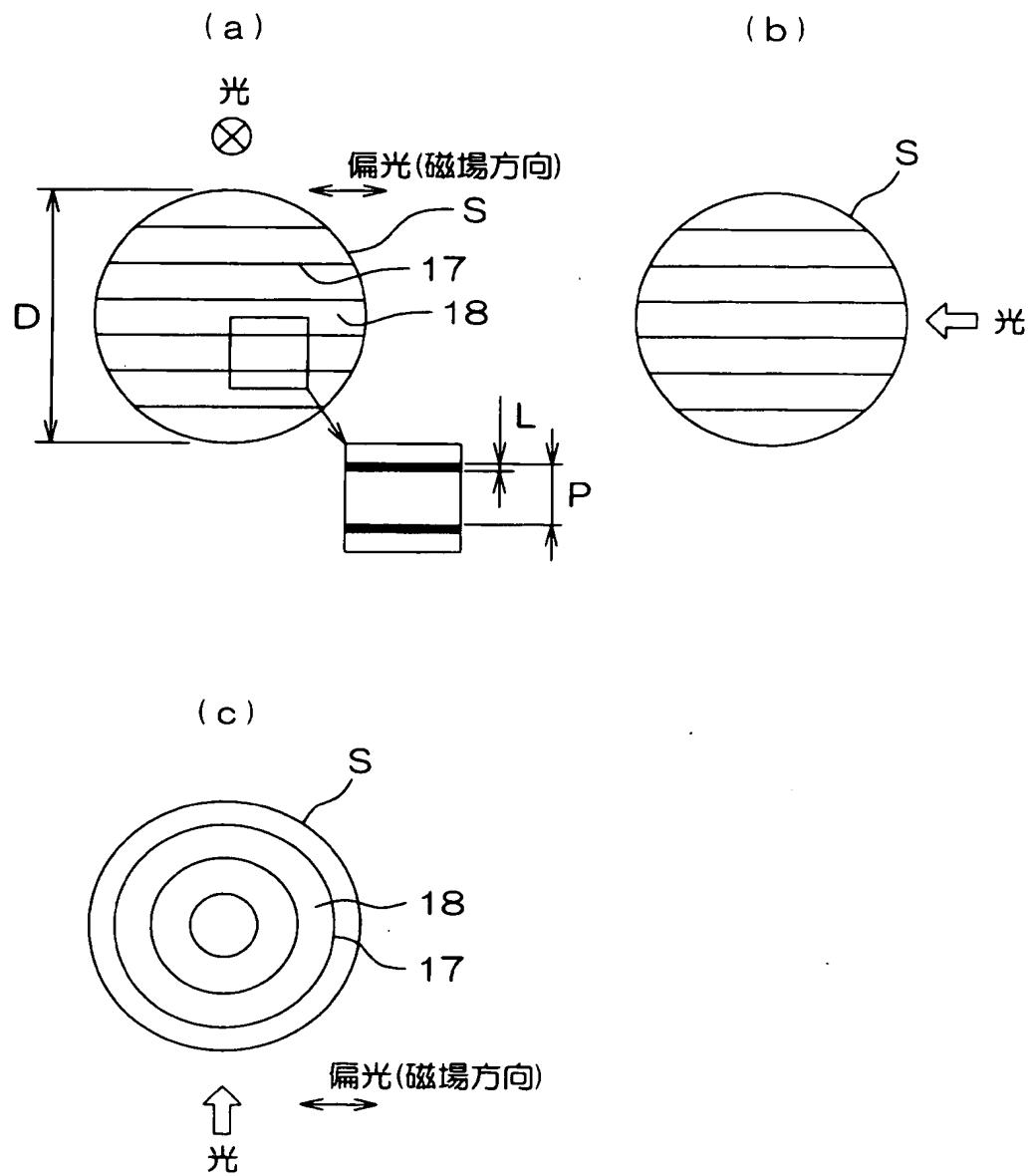
- 1 4 周期構造を持つ球状の屈折率変化領域
- 1 5 周期構造を持つ円柱状の屈折率変化領域
- 1 6 周期構造を持つ断面円形の帯状の屈折率変化領域
- 1 7 酸素欠陥領域 ($S_i O_{2-x}$ 領域)
- 1 8 酸素が移動してきた領域 ($S_i O_{2+x}$ 領域)
- S 周期構造を持つ球状の屈折率変化領域
- P 屈折率変化領域 S 内の周期構造のピッチ
- L 屈折率変化領域 S 内の屈折率が高い領域の幅

【書類名】 図面

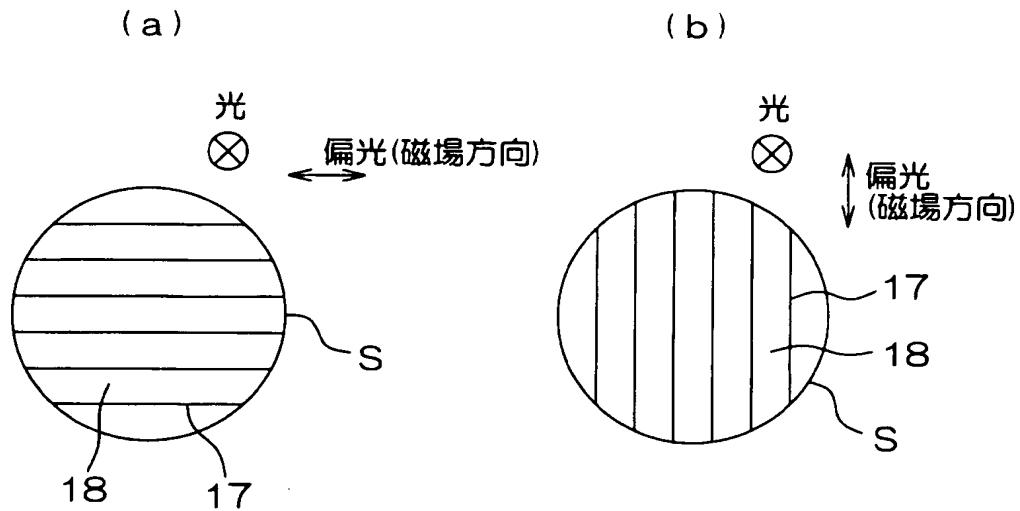
【図1】



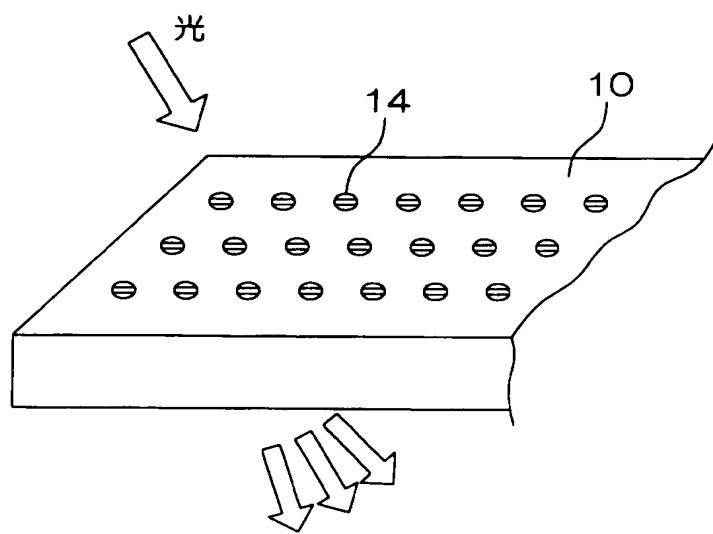
【図2】



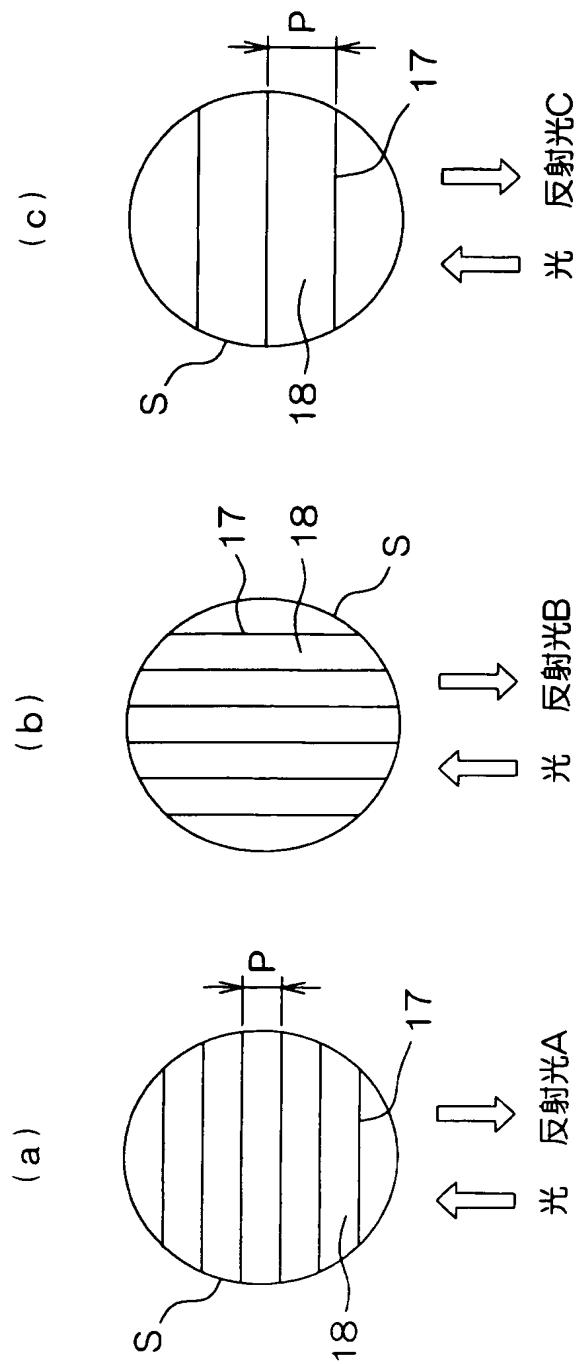
【図3】



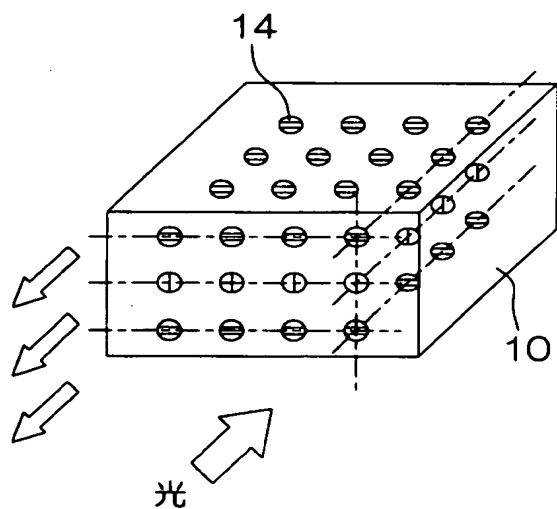
【図4】



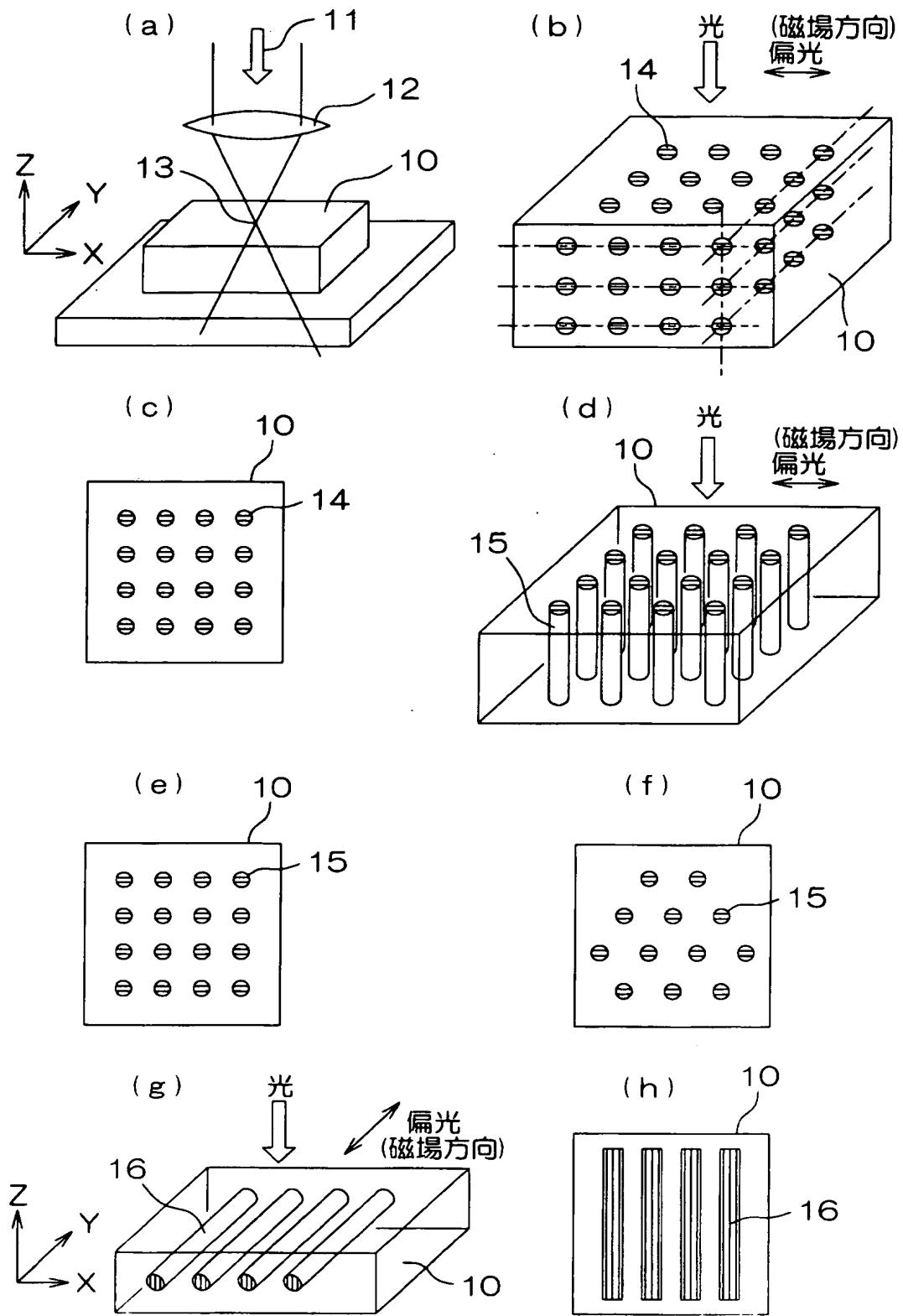
【図5】



【図6】



【図7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 製造が容易でしかもサブミクロンオーダーの微細な周期構造を備える光学用周期構造体を提供すること。

【解決手段】 ガラス領域1に直線偏光のパルスレーザー光2の集光点が位置するように照射して、前記集光点に $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下のピッチで屈折率の高い領域と低い領域とが繰り返し生じた周期構造領域を形成する。屈折率の高い領域又は低い領域をつないだ面は、パルスレーザー光2の偏光磁場方向に平行に形成される。

【選択図】 図1

特願 2003-085658

出願人履歴情報

識別番号 [00006633]

1. 変更年月日 1998年 8月21日

[変更理由] 住所変更

住 所 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
氏 名 京セラ株式会社

特願 2003-085658

出願人履歴情報

識別番号 [500079388]

1. 変更年月日 2000年 2月 18 日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府京都市左京区田中下柳町8番地の94

氏 名 平尾 一之